

Grondboor en Hamer	3	1978	pag. 55 - 66	9 fig.	Oldenzaal, juni 1978
-----------------------	---	------	-----------------	--------	-------------------------

Zee-egels of zee-appels, deel I

W. Bessem en J. Idema

INLEIDING

Zee-egels of zee-appels zijn voor de meesten van ons geen onbekende schepselen. Aan ons zeestrand zijn ze regelmatig te vinden. De lege schalen missen echter vaak de stekels: alleen de ijverige speurder vindt ze wel met dat fijne glinsterende "haar" er op. In die schaal heeft een weekdier gehuisd.

Het opmerkelijke is wel, dat zo'n 400 miljoen jaar geleden deze dieren reeds voorkwamen en in bouw vrijwel onveranderd zijn gebleven. Ook nu nog vindt men hun overblijfselen, o.a. in de krijtlagen van Limburg waar hun kalkskeletten in allerlei grootten vaak prachtig bewaard zijn gebleven. Het zal voor sommigen ongetwijfeld interessant zijn meer te weten over deze dieren, b.v. wat betreft bouw, gedrag etc., waarbij de recente exemplaren ons goede diensten kunnen bewijzen.

Zee-egels behoren tot het Phylum "ECHINODERMATA", of stekelhuidigen.

TAXONOMIE

Vroeger berustte de hoofdingeling van het phylum in twee subphyla op de al of niet vastzittende levenswijze:

PELMATOZOA = vastzittend (sessiel) of vastgehecht, voornamelijk op harde ondergrond:

ELEUTHEROZOA : vrij beweeglijk.

De vroegere indeling zal ter verduidelijking wat betreft de verschillen t.o.v. de tegenwoordige indeling hier worden weergegeven.

Phylum ECHINODERMATA

1. subphylum Pelmatozoa (vastzittend)

klasse:	crinoidea	zeelcies
klasse:	cystoidea	buidelstralers
klasse:	blastoidea	knopstralers

2. subphylum Eleutherozoa (vrij beweeglijk)

klasse:	holothuroidea	zeekomkommers
klasse:	ophiuroida	slangsterren
klasse:	asteroidea	zeesterren
klasse:	echinoidea	zee-egels

klasse echinoidea was verdeeld in twee subklassen

- 1e. Regularia - regelmatige vormen
- 2e. Irregularia - onregelmatige vormen

De tegenwoordige indeling wordt verdeeld in vier subphyla op grond van symmetrie, aanwezigheid van armen, algemene vorm en organisatie der lichaamsdelen en skelet. Verwezen wordt naar R.C. Moore: "Treatise on Invertebrate Paleontology", Part U, Echinodermata 3, 1966. (Classificatie-indeling volgens Durham & Melville.)

Nieuwe indeling Phylum ECHINODERMATA

1. subphylum Homalozoa

Vroeg-Paleozoïsche vormen met assymmetrisch gerangschikte skeletdelen en tendens tot ontwikkeling van bilaterale symmetrie.
Leefden vrij beweeglijk of losliggend op de zeebodem.

Drie klassen:

- klasse: Homostelea
- klasse: Stylophora
- klasse: Homoiostelea

Deze drie klassen vroeger als één klasse: Carpoidea.

2. subphylum Crinozoa

Overwegend bolvormig skelet met gedeeltelijk een radiale, meridionale symmetrie en in het bezit van armen waarop ambulacrale voedseltoevoerapparaten. Meestal postlarvaal sessiel, soms vrij beweeglijk.

Zes klassen:

- klasse: Eocrinoidea
- klasse: Paracrinoidea
- klasse: Edrioblastoidea
- klasse: Cystoidea
- klasse: Blastoidea
- klasse: Crinoidea (hier recente zeelelies)

3. subphylum Asterozoa

De radiale assen van symmetrie zijn tevens de plaatsen waar zich korte, brede of smalle, lange lichaamsuitstulpingen bevinden. Het gehele dier bezit hierdoor een stervorm.

Een klasse met drie subklassen; alle vormen vrijbeweeglijk.

klasse stelleroidea

- subklasse: Somasteroidea
- subklasse: Asteroidea (hier recente zeesterren)
- subklasse: Ophiuroidea (hier recente slangsterren)

4. subphylum Echinozoa

Bol-, cilinder- of schijfvormig.

Geen radiale lichaamsuitstulpingen of armen.

Meest vrij beweeglijke vormen. Enkele Endrioasteroidea en Holothuroidea sessiel (vastgehecht).

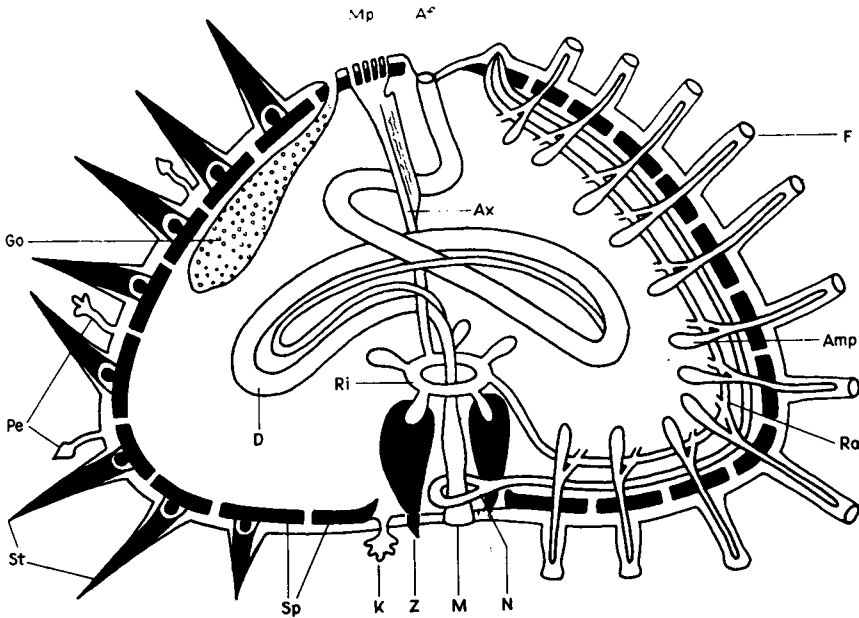


Fig. 1

Schematische doorsnede van een zee-egel. Links door het interambulacraal veld, rechts door het ambulacraal veld. Af - Anus opening; Mp - madreporenplaat; Go - Gonade (Eierstokken); Pe - Pedicellariën; St - Stekels; Sp - Skeletplaten; K - Mondkieuwen; Z - Tand v/h kauwapparaat; M - Mondopening; Ri - Ringvat; D - Darmkanaal; N - Zenuwring met radiaalzenuw; Ax - Axiaalvat; F - Zuigvoetjes; Amp - Waterreservoir-ampulle; Ra - Radiaalvat.

Zes klassen:

- klasse: Helicoplacoidea
- klasse: Holothuroidea (hier recente zeekomkommers)
- klasse: Ophiocistoidea
- klasse: Cyclocystoidea
- klasse: Endrioasteroidea
- klasse: Echinoidea (hier recente zee-egels)

De klasse Echinoidea is te verdelen in twee subklassen:

- a. subklasse: Perischoechinoidea vroeger Regularia
- b. subklasse: Euechinoidea vroeger Irregularia

KENMERKEN ECHINODERMATA

Ter oriëntatie over welke subklasse er regelmatig gesproken wordt zullen de benamingen Regularia of Irregularia, t.w. regulairen of irregulieren voorlopig nog aangehouden worden.

Het lichaam heeft veelal een radiaal-symmetrisch vijftalig bouwpatroon, echter bijv. bij de irregulaire echinoidea secundair bilateraal symmetrisch. Verder is het dier bedekt door een dunne huid waarin zich kalkplaatjes en waarop zich stekels bevinden. Het is uitgerust met een voortreffelijk werkend watervaatstelsel dat gebruikt wordt als voortbewegings- en ademhalingsorgaan.

Toelichting figuur 2.

In figuur 2a t/m e zijn schematisch de veranderingen in symmetrie weergegeven, zoals die in de loop der tijd heeft plaats gevonden bij zee-egels.

fig. 2a

Deze figuur geeft duidelijk weer, dat zowel de anus aan de aborale zijde (bovenzijde) als de mond aan de orale zijde (onderzijde) centraal van het gehele lichaam liggen. De vorm van dit soort zee-egel is dus radiaal symmetrisch. Een mooi voorbeeld hiervan is de welbekende "Cidaris".

fig. 2b

Hier ligt de mond nog wel centraal maar de anus is spleetvormig en treedt buiten het apikaalsysteem. Er zijn ook soorten waarbij de anus zich binnen het apikaalsysteem heeft verplaatst, gezien vanuit de lengte- en breedte-as van het lichaam. De radiaal-symmetrische vormen is hiermee verlaten en overgegaan in een secundair bilateraal symmetrische vorm.

fig. 2c

Ook hier ligt de mond nog centraal, maar de anus heeft zich nog verder verplaatst naar de buitenrand van de corona.

fig. 2d

Een vorm, waarbij nu zowel de mond als de anus excentrisch liggen. Hier is ook het apikaal systeem iets verplaatst.

fig. 2e

Ook een vorm waarbij de mond, anus en apikaalsysteem excentrisch liggen. De ronde vorm van het lichaam is nu overgegaan in een afgeronde driehoek. (b.v. "Micraster").

ONDERSCHEID ECHINOIDEA (zie ook fig. 1)

"Echinoidea", is wel de omvangrijkste klasse der stekelhuidigen. In het algemeen is de lichaamsvorm (corona) bolrond, ovaal, schijf of hartvormig.

We onderscheiden twee hoofdvormen bij de Echinoidea n.l. de regulaire en irregulaire vorm (zoals genoemd onder punt 4 "taxonomie"). Deze twee hoofdvormen zijn verenigd in een groot aantal superorden, orden, suborden, families etc. Ze bezitten kenmerkende eigenschappen, welke in nauw verband staan met de leefwijze. Zij zijn daardoor direct van elkaar te onderscheiden.

Bij de regulaire echinoidea is de vorm van de corona vijfzijdig - ofwel radiaal symmetrisch, bolvormig of meer schijfvormig. De plaats van de anusopening (periproct), ligt in het midden van de aborale zijde en de mondopening (peristoom) in het midden van de orale zijde. In de mondopening bevindt zich een ingenieus kauwapparaat met vijf tanden, die door spieren kunnen worden bewogen, ook wel genoemd de "Lantaarn van Aristoteles", de ontdekker ervan. Deze tanden worden vooral gebruikt voor het kauwen van voedsel.

fig. 2a

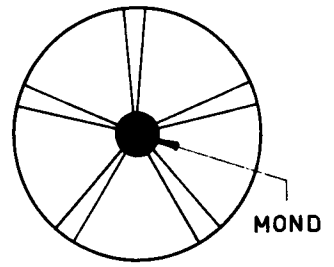
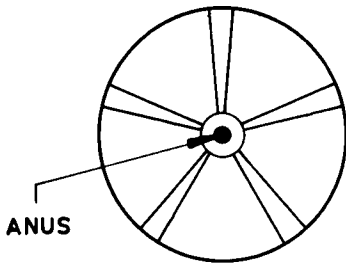


fig. 2b

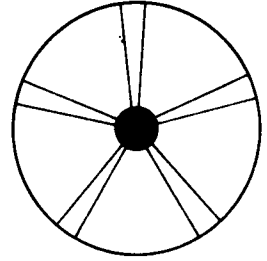
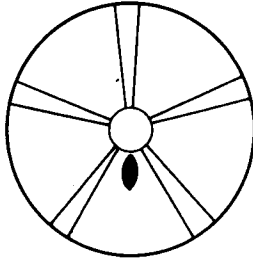


fig. 2c

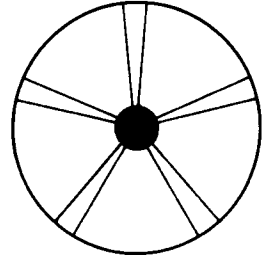
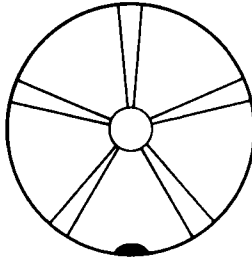


fig. 2d

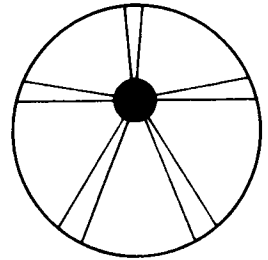
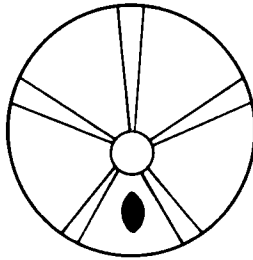
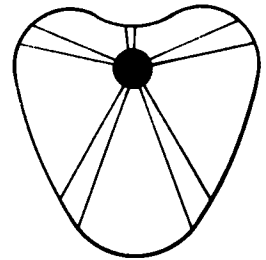
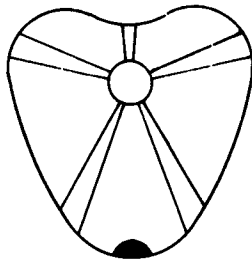


fig. 2e



ABORALE ZUDE

ORALE ZUDE

fig.2

Bij de irregulaire echinoidea is de vorm van de corona secundair bilateraal symmetrisch. Dit is o.a. zichtbaar door de verplaatsing van de periproct binnen het apikaalstelsel aan de aborale zijde, of door de verplaatsing uit het apikaalstelsel naar de rand van de orale zijde. (fig. 2). De peristoom kan centraal of excentrisch liggen. Vormen die geen kauwapparaat bezitten, brengen het verzamelde voedsel met hun voetjes en stekels naar de van onderen gelegen mond.

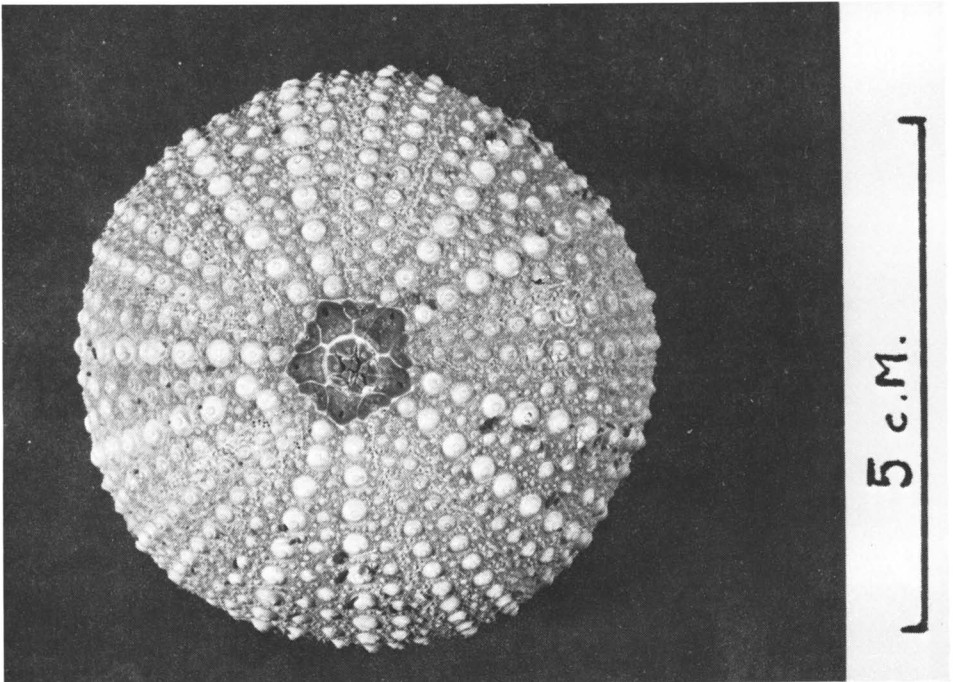
BOUW EN FUNCTIE

De echinoidea worden tegenwoordig beschouwd als hoog-ontwikkelde invertebraten, omdat zij een inwendig skelet bezitten. Over dit skelet ligt een dunne opperhuid, waaronder een soort pantser of schaal is gelegen (corona). De corona is opgebouwd uit een groot aantal kalkplaatjes ook wel tafeltjes geheten.

Deze kalkplaatjes passen in een uiterst nauwkeurige en regelmatige ordening aaneen. Deze starre aaneenhechting wordt verkregen door een "suturaad": een lijn die zeer grillig verloopt en onregelmatige aanvattingpunten vertoont. (Vergelijk de suturaad bij b.v. Ammonieten).

Voor de reguliere zee-egels is het in de meeste gevallen normaal te noemen, dat de corona uit 20 rijen plaatjes bestaat, die vanaf de peristoom in het midden van de orale zijde naar de periproct aan de aborale zijde lopen.

De 20 rijen zijn verdeeld over 10 velden, die elk uit 2 rijen bestaan: er zijn 5 brede en 5 smalle velden, resp. interambulacrale- en ambulacrale velden, die elkaar afwisselen. (fig. 3).



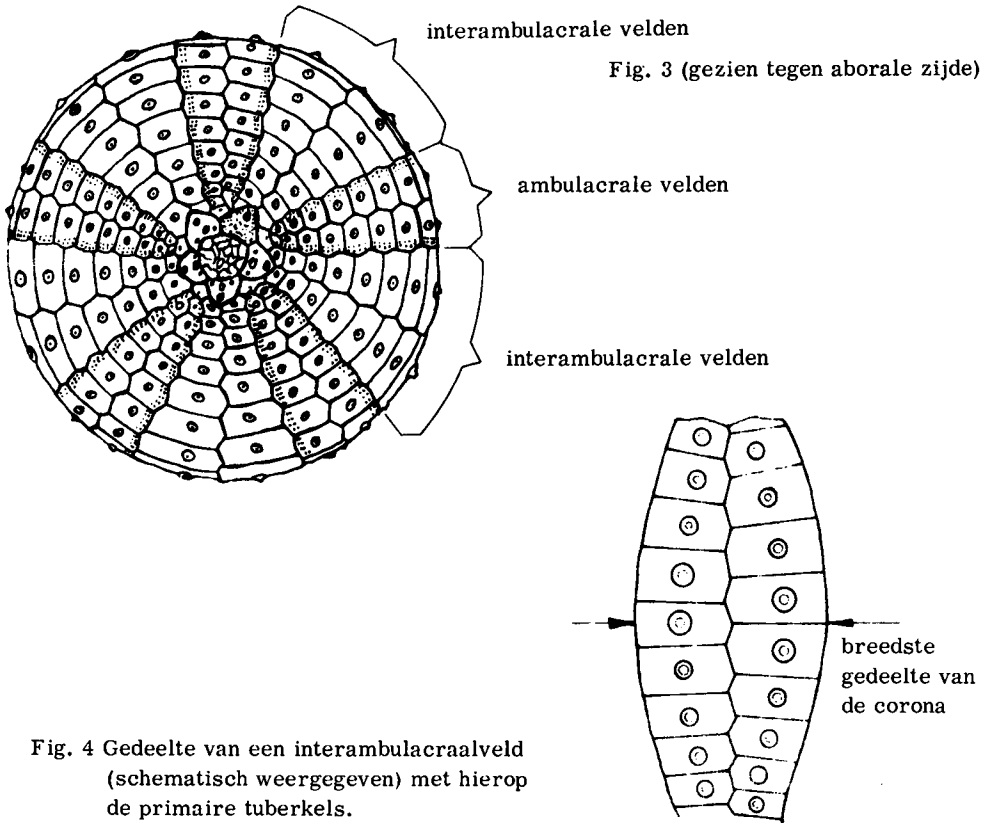


Fig. 4 Gedeelte van een interambulacraalveld (schematisch weergegeven) met hierop de primaire tuberkels.

De interambulacrale velden zijn samengesteld uit interambulacrale plaatjes. Wanneer men deze nauwkeurig bekijkt, ontdekt men dat elk vijfhoekig is. De plaatjes van de 2 rijen die het veld vormen, wisselen elkaar af en sluiten in elkaar. Zij zijn het grootst aan het breedste gedeelte van de corona en worden, hun vorm behoudend, kleiner naar mate zij dichter bij de top komen of onderzijde komen. (fig.4). De plaatjes zijn niet vlak en zonder sculptuur; vaak hebben ze een knobbel(tje) de tuberkel.

Op de huid die het skelet omgeeft staat op de zo voorgevormde plaats een van onderen iets holle stekel, (radioles), die door middel van uiterst fijne spiertjes in alle richtingen worden bewogen. Hun grootte verandert in verhouding tot die der plaatjes. Behalve primaire stekels, die 10 cm of zelfs nog langer kunnen zijn, dragen de interambulacrale plaatjes vaak secundaire stekels die kleiner zijn en met kleinere tuberkels op de corona corresponderen.

De plaats van de smalle velden, ambulacraalvelden, ook wel ambulacra genoemd, laten weer iets anders zien. (fig. 5). Hiervoor gebruikt men een loep. De ambulacraalvelden zijn ook samengesteld uit ambulacrale plaatjes. Deze plaatjes zijn door paren gaatjes doorboord, de ambulacrale poriën.

Hierdoor komen bij het levende dier de ambulacrale voetjes, met op het eind al of niet een zuignapje, twee aan twee te voorschijn en staan dan in vijf rijen van vier regelmatig over de schaal gerangschikt.

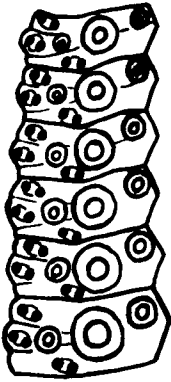


Fig. 5a

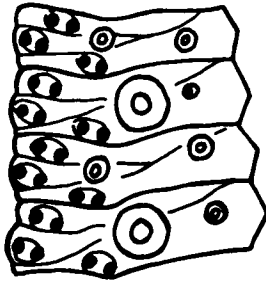


Fig. 5b

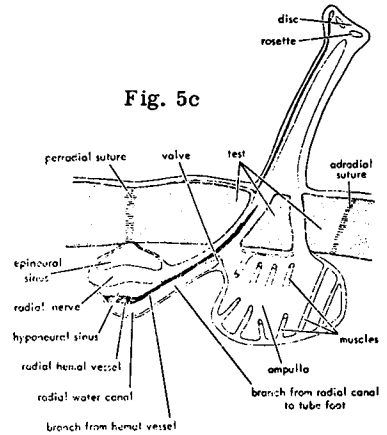


Fig. 5c

Fig. 5 Gedeelte van een ambulacraalveld. De zwarte stippen geven de ambulacrale poriën aan.

Fig. 5a van *Psammechinus miliaris* 6x

Fig. 5b van *Echinus esculentus* 4,5x

Fig. 5c Dwarsdoorsnede door het ambulacraalveld en de zuigvoetjes van een regulaire zee-egel.

Binnen in het skelet komen de ambulacrale voetjes uit een gespierd waterreservoirtje, ampulle, dat gevoed wordt door een radiale ader van het watervaatstelsel. Deze radiale ader, waarvan er vijf aanwezig zijn, liggen aan de binnenkant van het skelet tussen twee rijen ambulacrale plaatjes.

De vijf radiale kanalen staan door middel van een ringkanaal, (dat binnen de schaal ringvormig om de mond ligt), overgaand in een verkalkt steenkanaal in verbinding met de madreporenplaat, waardoor het water naar binnen komt en zeefvormig is doorboord. Deze madreporenplaat ligt aan de aborale zijde van de schaal.

Sommige soorten hebben meerdere poriën per plaatje. Ook op de ambulacrale plaatjes vinden we stekels; deze beschermen o.a. de ambulacrale voetjes. Deze voetjes worden vooral gebruikt als voortbewegingsmechanisme. Door middel van de ampullen wordt er water geperst in de voetjes. Deze worden daardoor gestrekt en kunnen zich door een zuignapje aan de bodem vasthechten.

Bij samentrekking van de wanden van het voetje komt het water weer terug in de ampullen en verkort het voetje zich. Op deze wijze kan het lichaam zich langzaam verplaatsen.

De onderkant van de corona is de orale zijde. Hier ligt de mond (waaromheen de sphaeriden of smaakorganen) in een veld, dat evenals bij de periproct uit losse plaatjes bestaat. Men moet dit zien als een leerachtige huid. Dit is de peristoom.

De vorm kan rond, vijfhoekig, tienhoekig, ovaal of tweelippig zijn. De grootte kan per soort aanmerkelijk verschillen. Verdwijnt de leerachtige huid van de peristoom, dan blijft er een gat over.

Bij sommige zee-egels staan rondom de mondopening vijf of tien kieuwspleten als extra voorziening voor de ademhaling, de z.g. mondkieuwen. (fig. 6).

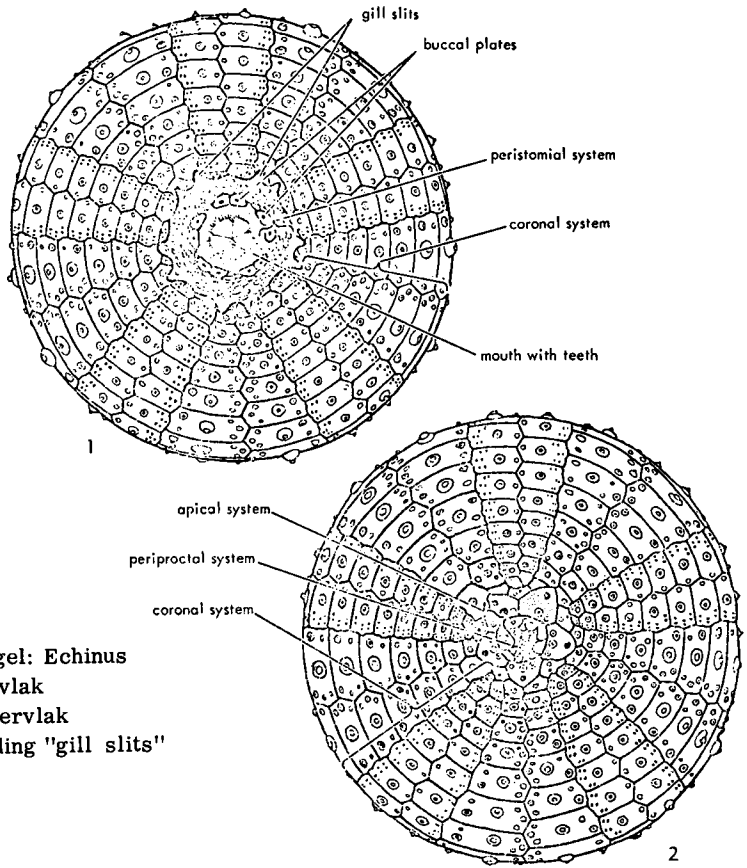


Fig. 6 Opbouw zee-egel: Echinus
 1 orale oppervlak
 2 aborale oppervlak
 Let op aanduiding "gill slits"
 (kieuwspletten)

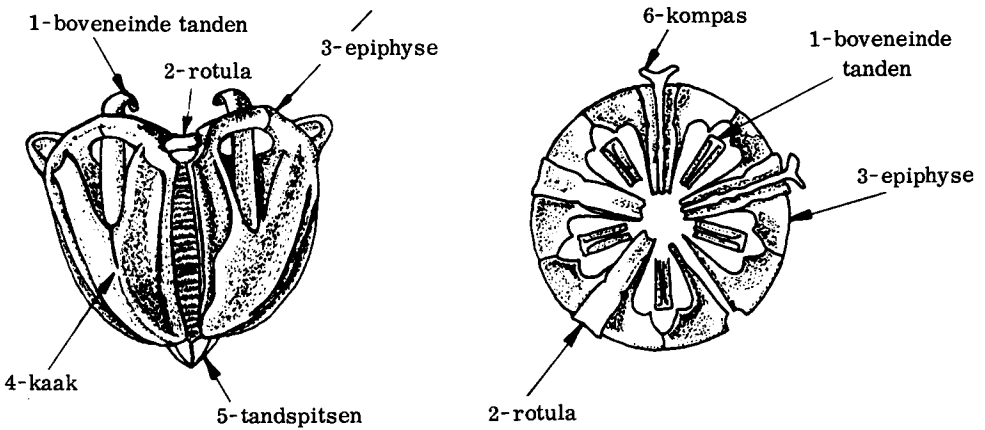


Fig. 7 "LANTAARN VAN ARISTOTELES" vergroot getekend
 (naar LANG). Links van opzij gezien, recht van boven.

De peristoom krijgt daardoor een gekartelde omtrek. In de mondopening bevindt zich bij vele echinoidea een ingenieus kauwapparaat met tanden, de "Lantaarn van Aristoteles". (fig. 7). Dit kauwapparaat komt bij alle regulaire vormen voor, verder bij enkele irregulaire vormen terwijl sommige van de laatst genoemde groep geen kauwapparaat bezitten, omdat zij een geheel andere levenswijze hebben. Dit komt later nog ter sprake.

De tanden die we zien, vormen wel een belangrijk gedeelte, maar toch zijn ze slechts een betrekkelijk klein onderdeel van het geheel. Zij staan scheef overeind. Iedere tand wordt gesteund (misschien beter gezegd geleid) door twee grote langwerpige kalkstukken, de pyramiden of kaken. Op de pyramiden liggen weer andere stukjes, de epiphysen, die elkaar midden boven de tand raken en aldus een boog over de kaak vormen. De ruimten tussen de pyramiden zijn van boven afgesloten door langwerpige platen, de rotulae (enkelv. rotula). Op iedere rotula ligt weer een staafje, dat aan het einde gespleten is, een z.g. vorkstukje of kompas. De tanden zijn aan de bovenzijde sterk naar binnen gebogen en zitten daar in blaasjes.

Deze vormen steeds nieuwe tandstof, zodat de tanden bovenaan even snel kunnen aangroeien als zij van onderen door het gebruik afslijten. Niet alleen zijn de verschillende delen van de Lantaarn van Aristoteles door spiertjes aan elkaar verbonden, maar er lopen ook nog grotere spierbanden van de bovenrand der kaken naar kalkbogen aan de mondrand, de aurikels. (fig. 8). Door deze spieren samen te trekken kan de zee-egel nu het hele kauwapparaat iets verplaatsen, zodat de tanden verder naar buiten komen te staan.

Bij recente zee-egels is dit kauwapparaat duidelijk waar te nemen. Bij fossiele exemplaren zien we het hoogst zelden omdat zij voor fossilisatie niet geschikt zijn of uiterlijk niet meer zichtbaar.

De bovenzijde van de corona is de aborale zijde. Hier ligt de anus binnen een cirkel van kleine plaatjes, die over het algemeen niet fossiliseren. Dit deel van kleine plaatjes is de periproct. (fig. 9). Om de periproct ligt een krans van tien minder regelmatig gevormde plaatjes die de einden van de interambulacrale- en ambulacrale velden markeren. Deze tien met soms nog enkele andere, vormen samen het z.g.n. apikaal-systeem.

De vijf plaatjes boven de interambulacrale velden, de genitale plaatjes, hebben elk een klein gaatje, bij de vrouwelijke exemplaren iets groter dan bij de mannelijke. Hierdoor verlaten eicellen resp. spermatozoën het lichaam. Een van deze plaatjes is de madreporenplaat, die vaak iets groter is dan de andere.

De vijf plaatjes boven de ambulacrale velden heten oculaire plaatjes.

In tegenstelling tot de regulaire soorten, heeft de anus zich bij de irregulieren verplaatst in de lengte-as over de corona en wel vanuit het apikaalsysteem naar de rand van de orale zijde aan de achterkant. (fig. 2). In direct verband met deze verplaatsing van de afvoeropening is nu het apikaalsysteem een beetje anders gebouwd. Het lijkt wel of de vrijgekomen ruimte snel "benut" is om daar een grote madreporenplaat aan te leggen. In feite ontbreekt bij deze dieren een van de vijf genitaalplaten, waarvoor dan in de plaats een madreporenplaat is gekomen.

Het is bij een zee-egel niet altijd duidelijk wat de voor- of achterkant is. Ter orientatie van de aborale zijde heeft men aangenomen, dat de madreporenplaat rechts boven ligt. De voorkant is dan het ambulacrale veld links van de madreporenplaat. De achterkant is een interambulacraal veld.

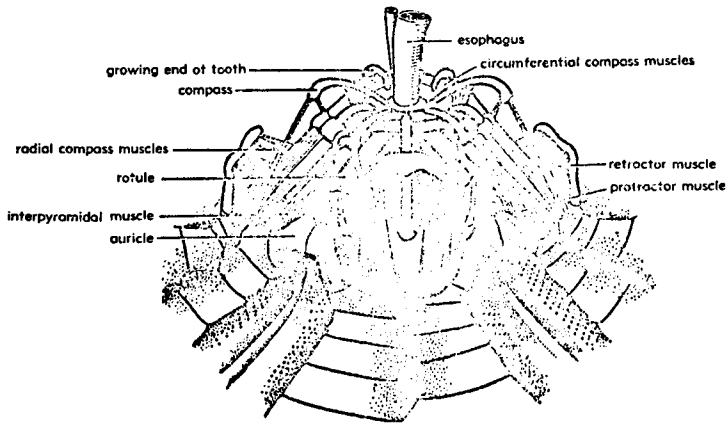


Fig. 8 Aanzicht Lantaarn van Aristoteles met de verschillende spieren en hun functies.
 Let op: de aanhechting van de spieren op de aurikelo.

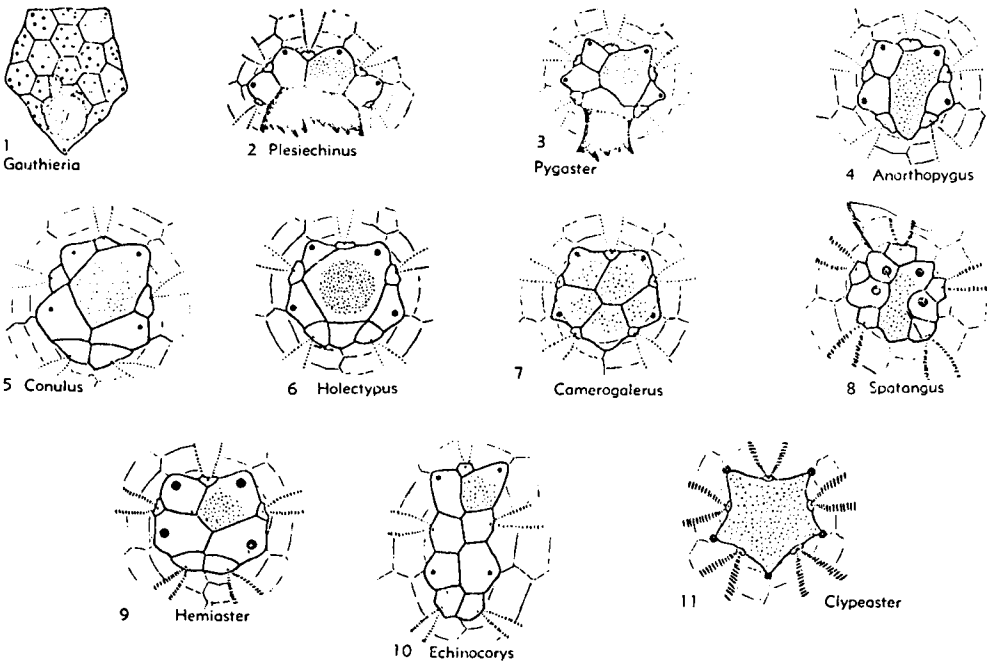


Fig. 9 Periproduct en apikaal systemen van verschillende soorten zee-egels.

Zee-egels zijn langzame en trage dieren en leven uitsluitend in zout water. Reeds in enigermate brak water ontbreken zij. Over het algemeen leven zij gezellig bij elkaar en vroeger zal het wel niet anders geweest zijn. Zij graven zich in het zand in, terwijl andere weer het liefst op een stevige bodem scharrelen (b.v. grint, keien, enz.) en grazen deze af met hun kauwapparaat op zoek naar algen en kleine weekdieren, ofwel alles wat ze maar tegenkomen wat met hun tanden gekauwd wordt. Behalve als voortbewegingsmiddel en verdedigingswapen dienen de stekels ook voor het terug keren in de normale stand. Een zee-egel, die op zijn rug (aborale zijde) geworpen wordt, steekt enkele stekels in het zand en keert die aan de andere zijde allen naar één kant, om het zwaarte punt te verplaatsen en zo in de normale houding terug te rollen.

De geslachten zijn gescheiden. Er heeft geen paring plaats. De bevruchting van eieren vindt plaats in open zee. De spermatozoiden moeten rondzwemmen om de eieren te vinden. De eieren zijn zeer klein, de doorsnede ligt tussen 0,1 tot 0,5 m/m. Vaak hecht de jonge larve zich tijdelijk vast; ook zijn er soorten waarvan de jongen bescherming zoeken tussen de stekels. Tegenwoordig worden de wijfjes van vele soorten gevangen terwille van de in de voortplantingstijd sterk ontwikkelde eierstokken die gegeten worden.

De levensmogelijkheden van zee-egels en hun fossilisatiekansen zijn maar plaatselijk aanwezig. Daarom komen ze in sommige afzettingen helemaal niet, in andere lagen van dezelfde ouderdom zeer talrijk voor. Hierdoor zijn ze als gidsfossiel niet erg geschikt, hoewel hun evolutie vaak bijzonder snel verloopt. De Euechinoidea zijn stratigrafisch nog het belangrijkste. Echinoidea hebben een zeer gecompliceerde opbouw. Zowel biologen als paleontologen delen hen in volgens kenmerken van het skelet. De reguliere- en de irreguliere zee-egels zijn in alle onderdelen van elkaar verschillend en aan het kleinste fragmentje kan men zien met welke groep men te maken heeft. Maar voor de paleontoloog is een preciese determinatie vaak heel moeilijk omdat allerlei skeletonderdelen in aanmerking genomen moeten worden en deze zijn nu eenmaal niet altijd fossiel aanwezig, b.v. stekels, kauwapparaat etc.